MFC5061

双微机自动准同期装置

说 明 书

金 智 科 技 股 份 有 限 公 司

目 录

1 概述 1
1.1 简介 1
1.2 同期概述 1
1.2.1 同期 1
1.2.2 导前时间与同期预报 3
1.2.3 特殊情况下的同期 3
2 主要功能和技术规范 4
2.1 主要功能 4
2.2 技术规范 5
2.2.1 工作环境 5
2.2.2 装置工作电源 6
2.2.3 交流电压输入 6
2.2.4 精确工作范围 6
2.2.5 测量精度 6
2.2.6 开关量输入 6
2.2.7 出口和信号输出 7
2.2.8 通信接口 7
2.2.9 主要同期指标 7
2.2.10 负载和功耗 8
2.2.11 过载能力 8
2.2.12 抗干扰性能 8
2.2.13 绝缘性能 8
2.2.14 机械性能 8
2.2.15 外形尺寸 9
3 使用说明 9
3.1 装置人机界面 10
3.1.1 菜单 10
3.1.2 信号灯 12
3.1.3 数字同步表 12
3.1.4 调试口 12
3.2 同期操作 12
3.2.1 工作原理 12
3.2.2 启动方式 14
3.2.3 同期对象选择 15
3.2.4 同期过程 15
3.2.5 同期事件 18
3.2.6 同期试验 19
3.3 通道校准 20
3.4 参数意义 21

3.5 同期装置管理软件.....22
3.5.1 主要功能.....23
3.5.2 安装.....24
3.6 录波分析.....24
3.7 断路器动作时间自动测量.....25
4 设计说明.....25
4.1 装置外形与开孔尺寸.....25
4.2 输入输出端子说明.....27
4.2.1 工作电源 J1.....28
4.2.2 PT 信号 J2.....28
4.2.3 录波信号输出 J3.....29
4.2.4 开出 J4.....29
4.2.5 开入 J5.....30
4.2.6 通信口 J6.....31
4.2.7 拨码开关 SW.....31
4.2.8 调试口.....31
4.2.9 关于外部接线的说明.....32
4.3 接线原理图.....33

1 概述

1.1 简介

MFC5061 双微机自动准同期装置是我公司在深入研究国内外同类产品基础上，结合 MFC2061 双微机自动准同期控制器的成功经验，基于新一代嵌入式软硬件平台的沥血之作。

该装置能够调节发电机电压和频率来快速、平稳地达到并网条件，能捕捉到第一次出现的零相角差时机并将发电机准确、快速、可靠地并人电网。该装置还具有记录合闸回路动作的时间、通信和录波功能。装置的设计，不仅考虑了电厂、变电站在一般情况下的同期，而且考虑了在特殊场合及异常情况下的同期操作。如发电机同期时的同频不同相状态，某些电厂由于变频器产生大量谐波对同期的干扰，以及一些电站对非逆功率并网的严格要求等。

装置采用双 CPU 设计，两 CPU 各有独立的采样回路，不同的算法独立判断，其输出构成表决系统。两 CPU 均采用 16 位高性能定点 DSP。主 CPU 主要分为采集模块和同期模块，其中同期模块完成各种同期（无压合、差频同期及环并）的识别、调节和捕捉。辅 CPU 主要完成采集、同期闭锁、人机界面、通信等功能；其中同期闭锁任务进行同期判断，产生闭锁信号，避免在非同期条件下并网。

本装置装置充分考虑各种同期对象的特性，既适用于发电机的出口断路器，也适用于线路、母联等除发电机出口断路器以外的所有场合的断路器，满足火电厂、水电厂、变电站、抽水蓄能电厂和厂矿企业自备电厂等各种同期场合的要求，功能、性能和技术指标均处于国内领先水平。

1.2 同期概述

1.2.1 同期

两个独立的交流电源系统，欲使它们通过断路器并列运行，在电力系统中称之为同期操作。

同期操作在电力系统中很常见却又非常重要，比如发电厂中发电机与电网间的同期并列操作，变电站中一个电网与另一个电网间的同期并列操作等等，这些都是同期操作过程。

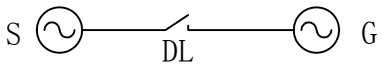


图 1　两电源系统同期示意图

在图 1 中，G、S 为两个独立的电源系统，设它们的表达式分别为

$$u_g = \sqrt{2}U_g \sin(\omega_g t + \varphi_g)$$

$$u_s = \sqrt{2}U_S \sin(\omega_S t + \varphi_S)$$

要通过断路器 DL 使它们并列在一起运行，则 DL 的合闸时刻 t 在理论上应具备下列条件才能使两电源系统受到的冲击最小。

（1）ΔU＝|Ug－Us|＝0；

（2）Δω＝|ωg－ωs|＝|2πfg－2πfs|＝0，亦即 Δf＝|fg－fs|＝0；

（3）Δφ＝$\varphi_g - \varphi_S$=0。

上述三个条件称为同期过程的三个要素。捕捉满足同期三要素的时刻 t 并使 DL 合闸的过程即为同期过程，满足同期三要素的点也称为同期点。

压差和频差的存在将导致并网瞬间，并列点两侧会出现一定的无功功率和有功功率的交换。电网和发电设备，一般都具有承受一定功率交换的能力。相比而言，相角差的存在会给断路器两侧带来更多的伤害，严重时会诱发次同步谐振。因此，一个好的同期装置应确保在相角差为零时完成并网。同时，为加速并网过程，没有必要对压差和频差的整定限制太严格。因此，在实际并列操作中，并列条件允许有一定的偏差，只要并列合闸时冲击电流较小，不危及电气设备。同期装置在同期并列操作时必须满足以下 3 个条件：

(1)系统侧电压与对象侧电压的电压差△U= Ug－Us 应小于整定值。

(2)系统侧电压频率与对象侧电压频率的频率差 Δf =fg－fs 应小于整定值。

(3)在并列断路器主触头闭合瞬间，系统侧与对象侧的电压相位差 Δφ=$\varphi_g - \varphi_S$ 为零。

1.2.2 导前时间与同期预报

对于所有的断路器（如图 1 中的 DL），从对它发出合闸脉冲起，由“分”位置运动到“合”位置均需要经过一段时间，这段时间被称为断路器的合闸时间，或称固有合闸时间，因断路器的构造原理、操作机构等的不同，合闸时间的长短存在较大的差异。

由于合闸时间的存在，因此合闸命令发出的正确时刻应该在同期点出现之前，而提前的这段时间称为导前时间。导前时间应等于合闸回路的动作时间，即装置内部软硬件出口时间，中间继电器动作时间及断路器动作时间之和。

图 2 为 △U=Ug－ Us 的波形图，其包络线为它们的滑差波形。T_ω 称为滑差周期，其大小为

$$T_\omega = \frac{1}{|\Delta f|} = \frac{1}{|f_g - f_s|}$$

正如图中所示，△U 是以 T_ω 为周期的脉振电压。

当△U、Δf 符合限定条件后，显然 b 点为理想的合闸时刻。若合闸回路的动作时间为 T_{DL}，则应在 a 时刻发合闸命令，这样经过时间 T_{DL} 后，恰好在 b 时刻，断路器的主触头才真正合上。

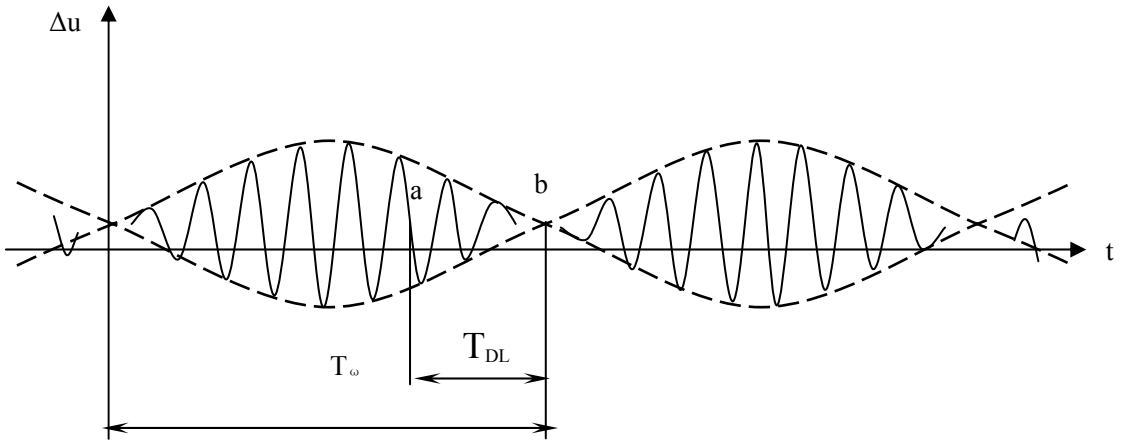


图 2 滑差波形示意图

1.2.3 特殊情况下的同期

除了上节描述的情况需要进行常规同期过程以外，还有一些特殊情况需要由

同期装置完成断路器的合闸操作。

✧ 电网环并

未解列两系统间联络线并网即同频并网。此时，并列点两侧频率相同，但两侧会出现一个功角δ，δ的值与联接并列点两侧系统其它联络线的电抗及传送的有功功率成比例。这种情况的并网条件应是当并列点断路器两侧的压差及功角在给定范围内时即可实施并网操作。并网瞬间并列点断路器两侧的功角立即消失，系统潮流将重新分布。因此，同频并网的允许功角整定值取决于系统潮流重新分布后不致引起继电保护误动，或导致并列点两侧系统失步。

在这种情况下不存在导前时间 T_{DL} 的问题，因为此时没有图 2 中的 b 点。因此，其同期合闸过程与 1.2.1 的要求是不一样的。

✧ 无压合闸

有时待并断路器的一侧或两侧没有电压，这种情况下同期控制器也能完成该断路器的合闸操作。当然，这种“无压”情况下的合闸不再需要满足 1.2.1 的要求。

2 主要功能和技术规范

2.1 主要功能

1) 兼有发电机同期和线路同期功能。装置充分考虑了各种同期对象的特性，通过改变定值，可以使其适用于不同的同期对象。
2) 具有差频并网，电网环并（即同频并网）和无压合功能。可以自动无误地识别差频并网和同频并网。
3) 差频并网：当 df<0.3Hz、df/dt≤0.3Hz/s、二阶导数 $d^2f/dt^2 \leq 0.1Hz/s^2$ 时，合闸相角差误差：≤1.0°。
4) 发电机同期时，可以对电压和频率进行 PID 调节，确保最快、最平稳地使压差频差进入整定范围，实现快速并网。在发电机调速器跟踪功能很强，出现同频状态时，可以自动调频，创造并网机会。在有要求时，可以实现无逆功率并网。
5) 适用于 50Hz 和 60Hz 系统。通过改变装置的定值，可以使装置用于不同的系

统。装置的采样计算、同期算法等会自动适应不同的系统。

6) 双微机，两 CPU 构成表决系统。两个 CPU 具有独立的采集通道和输出通道，两种不同原理的算法，杜绝了任何可能的误合闸。

7) 装置最多可用于 16 个同期对象，每个对象可以独立设置成机组型的开关对象或输电线路型的开关对象。

8) 录波功能。对同期过程自动录波，并配有自动分析软件。有助于用户检测接线及参数设置，大大方便了调试过程，同时可协助查找故障原因。

9) 通信功能，遵从 MODBUS RTU 规约，使得装置可以方便的接入各种控制系统。前置 RS-232 串口可以进行参数的设置以及录波输出，后置 RS-485 串口可以实现装置与上位机的通讯，以实现同期装置的远程监视与控制。

10) 数字相位表。装置面板左侧有数字同步表，结合面板上直观的指示灯，使运行状态一目了然，十分方便运行人员的监视。

11) 具有测量合闸回路动作时间的功能。合闸回路动作时间与设置的导前时间的出入，会直接影响到同期质量。长期工作后，合闸回路的动作会有误差。如果发现两者差异较大，应该重新设置导前时间或对断路器进行检修。

12) 可以对断路器两侧电压进行相角补偿和幅值补偿。在二次回路设计时，可以省去转角变或幅值变压器，减少硬件成本。

13) 自检及自恢复功能。具备软件和硬件看门狗，受到干扰时，都能使系统复位，避免死机。

2.2 技术规范

2.2.1 工作环境

- ✧ 正常工作温度： -10～+50℃
- ✧ 极限工作温度： -25～+70℃
- ✧ 湿度： 5%～90%，（无凝结）
- ✧ 大气压力： 80KPa～110Kpa
- ✧ 高度： 海拔 4000m 以下

2.2.2 装置工作电源

- ✧ 额定电压： DC220V/DC110V，或 AC220V。
- ✧ 允许偏差： -20%～+20%
- ✧ 纹波系数： 不大于 5%

2.2.3 交流电压输入

- ✧ 额定幅值：100VAC 或 57.74VAC
- ✧ 额定频率：50Hz 或 60Hz

2.2.4 精确工作范围

- ✧ 电压： 1.0V～130V（线电压）
- ✧ 频率： 40Hz～70Hz
- ✧ 相角： 0º～360º

2.2.5 测量精度

- ✧ 电压： 0.5 级
- ✧ 频率： ≦0.02Hz
- ✧ 相角： ≦0.2°

2.2.6 开关量输入

- ✧ 对象选择输入：空接点输入，需保持到“启动”信号有效。
- ✧ 无压使能输入：空接点输入，需保持到“启动”信号有效。
- ✧ 启动信号输入：空接点输入，闭合时间需≥1s。
- ✧ 辅助节点信号：空接点输入，用于断路器合闸导前时间的测量。

上述所有输入信号均为空接点，外部电源可以是 220VDC、110VDC 或 24VDC。

2.2.7 出口和信号输出

输出信号包括：

- f_+ 加速信号
- f_- 减速信号
- V_+ 升压信号
- V_- 降压信号
- ERR 同期失败信号
- CLO 合闸输出信号
- FLT 故障开出信号

✧ 输出信号均以继电器常开接点输出。

✧ 合闸输出接点容量：8A 250V AC，8A 30V DC。

✧ 其它输出接点容量：5A 250V AC，5A 30V DC。

2.2.8 通信接口

✧ 硬件接口：隔离的 RS232C 和 RS485。

✧ 规约： 遵从 MODBUS RTU。

2.2.9 主要同期指标

✧ 最大同期对象数

16 个对象。

✧ 允许频率差最大值

$\Delta f \leqslant 0.5$Hz，缺省为±0.25 Hz。

✧ 允许电压差最大值

$\Delta U \leqslant \pm 30\%Us$（Us 为系统电压），缺省为±5V。

✧ 电网环并允许角

$\Delta \Phi \leqslant 40°$，缺省为 20°。

✧ 合闸精确度

在频差 ≤ 0.3Hz 时，合闸相角差 ≤ 1.0°。

✧ 调频、调压输出

a) 脉冲输出，调频脉冲宽度误差：10ms；调压脉冲宽度误差：10ms。

b) 脉冲序列的间隔可整定。

c) 脉冲宽度由 PID 调节规律计算得出，PID 参数可整定。

✧ 频率变化允许范围

a) df/dt ≤0.5Hz/s

b) $d^2f/dt^2 \leq 0.1Hz/s^2$

2.2.10负载和功耗

✧ 交流电压回路：每相不大于 0.5VA

✧ 装置工作电源：不大于 5W

2.2.11过载能力

✧ 交流电压回路：1.5 倍额定电压，连续工作。

✧ 直流电源回路：80%～120%额定电压，连续工作。

2.2.12抗干扰性能

✧ 能承受 GB/T14598.10 标准规定的严酷等级Ⅳ的快速瞬变干扰试验。

✧ 能承受 GB/T14598.14 标准规定的严酷等级Ⅳ的静电放电试验。

✧ 能承受 GB/T14598.9 标准规定的严酷等级Ⅲ的辐射电磁场干扰试验。

✧ 能承受 GB/T14598.13 标准规定的严酷等级Ⅲ的 1MHz 脉冲群干扰试验。

✧ 能承受 GB/T17626.5 中标准规定的严酷等级Ⅲ的浪涌试验。

2.2.13绝缘性能

✧ 能承受 GB7261 第 19 章规定的介质强度试验。

✧ 能承受 GB7261 第 19 章规定的绝缘电阻试验。

✧ 能承受 GB7261 第 21 章规定的湿热试验。

2.2.14机械性能

✧ 振动：能承受 GB7261 中 16.3 规定的严酷等级为 I 级的振动耐久性能试验。

✧ 冲击：能承受 GB7261 中 7.5 规定的严酷等级为 I 级的冲击耐久性能试验。

✧ 碰撞：能承受 GB7261 中第 18 章规定的严酷等级为 I 级的碰撞耐久性能试验。

2.2.15外形尺寸

✧ 标准 3U、19 英寸插箱，详见 4.1 装置外形与开孔尺寸。

3 使用说明

装置分工作态和调试态两种工作方式。只有在工作态下才能进行同期操作，只有在调试态下才能进行修改参数、设置时间、修改密码、中英文切换、设置缺省参数、装置调试等操作。测值显示、装置信息、定值显示、报告显示、召唤录波，启动录波等在两种工作方式下都可进行。工作方式的转变只能通过改变拨码开关的位置来实现，工作方式改变时，装置会自动复位。

3.1 装置人机界面

3.1.1 菜单

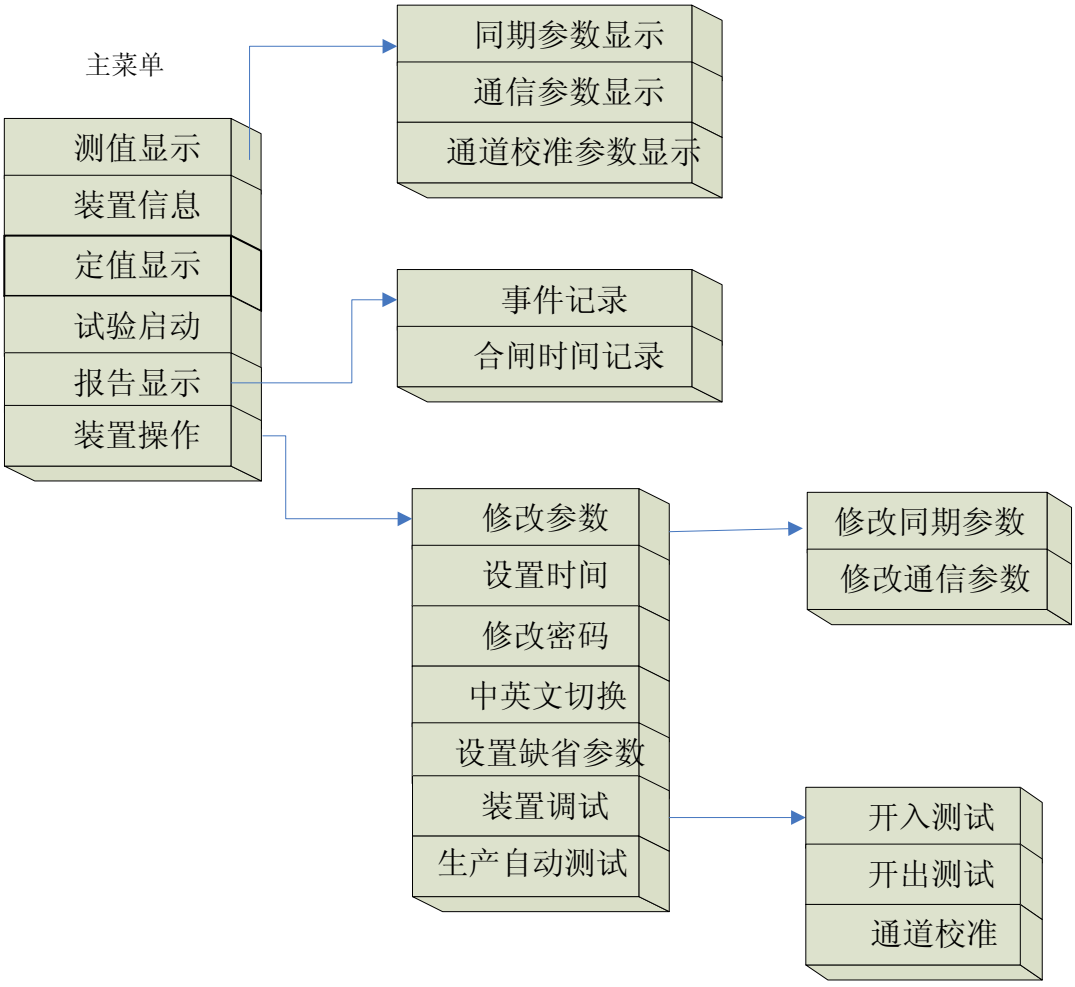


图 3　菜单结构图

面板上九键键盘，“复位”键用以复位装置，其余八键用以操作此菜单。

【测值显示】：显示系统侧和对象侧电压有效值（均为二次侧测值）、系统侧和对象侧电压频率、相角差、两侧压差和频差，及对象开入和控制开入量。

【装置信息】：显示装置版本信息和拨码开关信息。

【定值显示】：选择显示同期参数、通信参数或通道校准参数。

【试验启动】：只能在工作态才能进行该操作，详细请见3.2同期操作。

【报告显示】：选择显示事件记录或合闸时间记录。

【装置操作】：只能在调试态才能进行该操作，详见各项说明。

【同期参数显示】：16个对象有独立的同期参数，在此显示。同期参数的意义详见3.4参数意义。

【通信参数显示】：显示实时通信口RS485的站地址和波特率。

【通信校准参数显示】：显示通道校准参数。其参数仅供参考。

【事件记录】：最多可存放64个事件，掉电后事件不保留。

【合闸时间记录】：合闸时间记录存放16个对象的实测断路器动作时间，每个对象记录最近的5次动作时间，从上到下，依次存放时间上最远的至最近的动作时间，其中0ms为空记录，9999ms为在合闸出口后3s内未读到返回辅助节点或未检测到电气量变化。

【修改参数】：可以选择修改同期参数和通信参数。

【设置时间】：设置当前时间。光标移动键包括“↑”、“↓”、“←”、“→”，内容更改键包括“＋”和“－”。“↑”、“↓”键将上一项或下一项变为修改项，“←”、“→”键改变修改项内的修改位。每个修改项有一定的范围，如月为1－12，日为1－31。

【修改密码】：装置的初始密码是6666。通过此操作，用户可以设置自己的密码。

【中英文切换】：装置支持中英文两种语言的菜单，通过此操作可以将菜单切换到另一种语言的菜单。

【设置缺省参数】：可选择同期对象或通信参数恢复为缺省值。

【生产自动测试】：**此操作只限于厂内调试，请勿使用。**

【开入测试】和【开出测试】：装置的测试包括开入测试和开出测试，有助于工程调试。开入测试包括对象开入测试和控制开入测试，可以在液晶上看到。开出测试用于测试装置各个开出量是否正确。开出传动对象包括：故障、加速、减速、升压、降压、合闸和失败。开出传动的输出保持1秒。

注意：请在进行开出测试时一定要确认相应的隔离开关已经拉开。

【通道校准】：详见3.3通道校准。

3.1.2 信号灯

装置上有6个信号灯，其意义如下。

运行：装置正常运行时以每秒一次的速率闪烁，同期过程中以每秒两次的速率闪烁。

故障：装置自检出现异常或故障时点亮，此时不能进行同期操作，LCD上将有故障信息，以供参考。

加速、升压、减速、降压：反映相应的开出动作情况。

3.1.3 数字同步表

当Fg>Fs时，数字相位表顺时针旋转。

当Fg<Fs时，数字相位表逆时针旋转。

在|Δf|<1.0Hz时，数字相位表可以清晰地显示。

其中Fs和Fg分别代表系统侧频率和系统侧频率。

信号灯“合闸”和“失败”置于其中，分别指示同期成功和同期失败。

3.1.4 调试口

该调试口为RS232，波特率固定为9600。其电气定义见4.2.8。

3.2 同期操作

3.2.1 工作原理

3.2.1.1 同期的分类

按照系统的不同，同期分为差频和同频。按照对象的不同，同期分为发电机和线路。

✧ 差频并网　发电机与系统并网和已解列两系统间联络线并网都属差频并网。按准同期条件并网时需实现并列点两侧的电压相近、频率相近时在相差为 0 度时完成并网操作。

✧ 电网环并　考虑相角差和压差，以免造成保护动作或系统震荡。

✧ 无压合　　断路器两侧至少有一侧满足无压条件的合闸。

✧ 发电机同期　其特点是电压及频率可调。本装置采用 PID 调节控制模型精确计算调节量。发电机同期可以实现差频并网和无压合。

✧ 线路同期　其特点是电压及频率不可调。线路同期可以实现差频并网、电网环并和无压合。

3.2.1.2 同期捕捉算法

装置的两个 CPU 有独立的采样通道，分别采用不同的算法预测同期点，在原理上进一步增强装置的可靠性。

辅 CPU 采用的算法在考虑到滑差可能不是常数，而是包含一阶、二阶或更高阶的导数。相角差可看作是滑差对时间的泰勒级数。因为电网或发电机都是很大的惯性系统，二阶及以上导数可以忽略。其数学模型如下：

$$\delta dq=w_{si} \times t_{dq} + \frac{1}{2}\frac{\Delta wsi}{\Delta t} \times t_{dq}^{2}$$

其中 δ dq 为导前角，wsi 为两侧滑差，t_{dq} 为合闸导前时间。

根据以下公式不断计算导前角。并检测实时相角差 δ，捕捉到 δ = δ dq 时，发出合闸信号。

主 CPU 采用最小二乘法原理，根据等时距的相角差量测序列{ δ_i }，利用残差递推的方法预报同期点。虽然{ δ_i }为一维序列，但其中包括了{ δ_i }变化的各次函数的信息，如滑差 w_{si}，滑差加速度 $\frac{\Delta wsi}{\Delta t}$ 等。这种方法可以避免受到太多采样误差的影响。

3.2.1.3 PID 调节控制模型

装置对发电机的电压和频率的调节采用经典PID（比例-积分-微分）调节算法，实时跟踪发电机进行调节。以系统电压或系统频率为目标，发电机实际输出为反馈，进行PID计算，得出调节量，并生成调节脉冲来控制一次调节器，是一种数字闭环系统。这里电压、频率调节的参数模型是一致的，如下所示。

$$U(n)=\frac{1}{10}k_p e_n+\frac{1}{10}k_i\sum_{i=0}^{n}e_i+\frac{1}{10}k_d * e'_n$$

e_n：n时刻的目标值与反馈值的偏差量。

k_p：比例系数，用于纠正偏差。

k_i：积分系数，用于消除系统的稳态误差。

k_d：微分系数，用于减小系统的超调量。

本装置中频率调节相应的参数是： Kpf 、Kif、Kdf；电压调节相应的参数是：Kpv、Kiv、Kdv。详见3.4参数意义。

3.2.2 启动方式

MFC5061双微机自动准同期装置支持多种启动方式。可以方便的接入各种控制系统。

3.2.2.1 现地启动

主菜单中选择【试验启动】，正确输入密码后，即可进入试验启动确认菜单。

3.2.2.2 远方启动

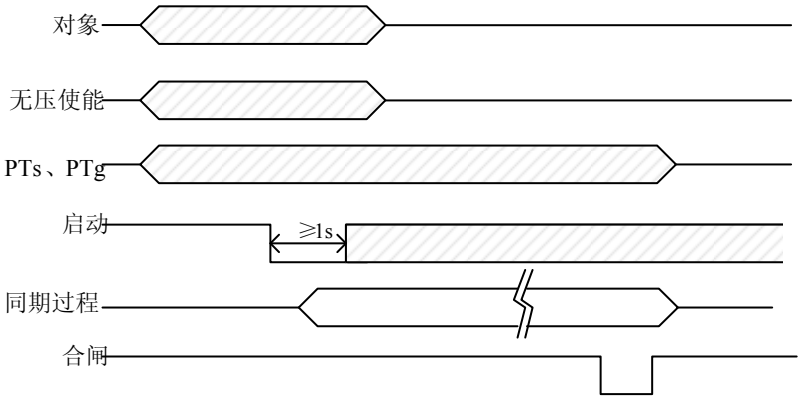


图 4 启动同期各外部输入接点时序图

图 4 启动同期各外部输入接点时序图适用于三种启动方式。

远方启动时，装置背部端子启动信号输入为脉冲输入，脉宽≥1s，才能被装置识别到，若此时无压使能有效则启动无压合，否则启动一般同期。如图5、图6所示。

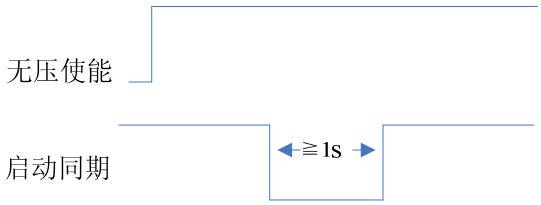


图 5 远方启动同期外部输入时序图

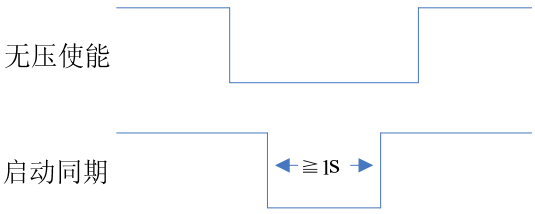


图 6 远方启动无压合外部输入时序图

3.2.2.3 通信启动

在拨码开关SW4“通信启动同期使能”为使能态时，通过背部的实时通信口RS485，发送遥控信文，即可启动同期。遥控信文可选择对象号（1－16），和合闸类型（同期或无压合），其内容和格式详见《MF5061双微机自动准同期装置通信规约》。

3.2.3 同期对象选择

装置背部有16个对象开入，可以用来选择同期对象，根据拨码开关SW“对象开入格式”位置的不同，其意义不同，详见4.2输入输出端子说明。启动同期时，若发现对象选择有误，如对象漏选、重选，或通信启动时与启动报文中的对象号不符，则将不予启动同期。

3.2.4 同期过程

同期过程的流程图如下所示。

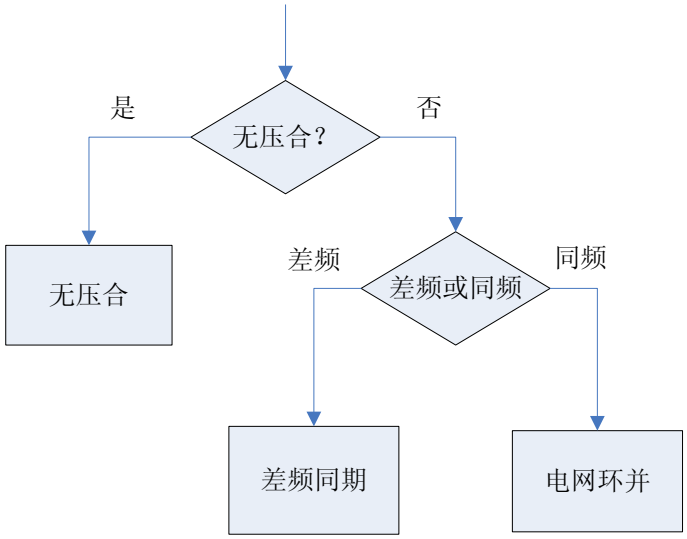


图 7 同期过程流程图

3.2.4.1 差频同期

差频同期适用于发电机对象和线路对象。

其性能要求为：当df<0.3Hz、df/dt≤0.3Hz/s、二阶导数d^2f/dt^2≤0.1Hz/s^2时，合闸相角差误差：≤1.0°。

相关条件如下：

a) 允许压差高限ΔUhi，允许压差低限ΔUlo

必须满足ΔUlo≦Ug-Us≦ΔUhi，装置才认为满足压差条件。

b) 允许频差高限ΔFhi，允许频差低限ΔFlo

必须满足ΔFlo≦Fg-Fs≦ΔFhi，装置才认为满足频差条件。

c) 低压闭锁LvLock，高压闭锁HvLock

必须满足LvLock<Ug<HvLock，且LvLock<Us<HvLock 装置才认为满足电压条件。

d) 低频闭锁，高频闭锁

50Hz系统： 45<Fg<55，45<Fs<55；

60Hz系统： 55<Fg<65，55<Fs<65；

其中Ug和Fg分别代表对象侧的电压有效值和频率，Us和Fs分别代表系统侧的电压有效值和频率。其中a），b），c）三个条件可以在定值单中设置。

其它相关定值：

a) 导前时间Tdl

Tdl=装置内继电器动作时间（10ms）+操作回路继电器动作时间+断路器动作时间

注意：导前时间的设置对同期质量至关重要，请仔细设置。

b) 同频调频脉宽

发电机并网过程过程中出现跟频时，装置自动发出加速命令，消除跟频状态。该定值是加速命令的脉宽。

任何时候装置判断电压、频率的条件不满足c)或d),将退出同期。在满足c)或d)而不满足a)或b)时，将进入PID调节过程，直至以上条件满足。此条件满足后将进入捕捉同期的过程，根据设定的导前时间和算法判断合闸时刻，预测成功后，发合闸令并退出同期。在捕捉同期的过程中，一旦以上两条件不满足，将退出同捕过程，调节或等待该条件的满足后，再次进入同捕过程。

3.2.4.2 电网环并

电网环并只可能出现于线路对象。

装置可以自动识别差频并网或同频并网。在频率差≧0.001Hz时，可以无误的识别电网环并。

a) 每个对象的电网环并允许角dfai可以在定值单中设置。

必须满足相角差Δ Φ≤dfai，装置认为相角差条件满足。

b) 每个对象的电压允许差上下限ΔUhi和ΔUlo可以在定值单中设置。

必须满足ΔUlo≦Ug-Us≦ΔUhi，装置才认为满足压差条件。

3.2.4.3 无压合

无压合适用于发电机对象和线路对象。

装置无法自判无压合。外部节点启动时需要无压使能信号和启动同期信号均有效，通信启动需要提供是无压合还是同期合的信息，才能启动无压合。

无压合有两种类型，可以根据现场需要在定值单中选择。

a） 机组型开关：Us≤50V且Ug≥80V

b） 线路型开关：Us≤50V或Ug≤50V

其中Us表示系统侧电压，Ug表示对象侧电压。

3.2.5 同期事件

同期结果将在LCD显示，亦可通过实时通信获取，详见《MFC5061双微机自动准同期装置通信规约》。事件列表如下。

事件代码	意义
91	正在进行同期
92	调试态，禁止同期
93	通信启动同期失败
94	通信启动同期，选对象错
95	线路转速升不上去
96	线路转速降不下来
97	线路电压升不上去
98	线路电压降不下来
102	机组转速升不上去
103	机组转速降不下来
104	机组电压升不上去
105	机组电压降不下来
106	对象侧频率过高
107	对象侧频率过低
108	系统侧频率过高
109	系统侧频率过低
110	对象侧电压过高
111	对象侧电压过低
112	系统侧电压过高
113	系统侧电压过低
114	无压合失败

115	无压合成功
116	合环并网失败
117	合环并网成功
118	同期成功
119	同期超时
120	读同期参数错，禁止同期
121	对象漏选，禁止同期
122	对象重选，禁止同期
123	辅 CPU 闭锁同期

表 1 同期事件列表

3.2.6 同期试验

在所有用到的同期参数全部设置好后，可以进入同期试验过程。所谓同期试验，就是拉开与同期开关相关的隔离刀闸，使同期开关无电流合闸，亦即“假并网”过程。

3.2.6.1 安全措施

①拉开待并开关两侧隔离刀闸；

②当装置用于机组开关的同期时，为避免其它监控系统因假并网可能造成调速、励磁装置的异常调节，应先将监控系统对该机组的功率调节退出（例如拔除功率调节的输出继电器）。

③有条件时应接入光线示波器。

3.2.6.2 试验

① 按 4.2 要求接线。接 PT 信号时，应注意它们的同名端需一致，相序应相同。

② 启动同期，观察合闸效果。

由面板菜单启动或由外部亦已接线的接点启动（接点启动时，接点闭合时间需保持 1 秒钟以上）后，应注意观察同期过程中的调节输出效果和合闸输出效果。

根据转速和电压调节输出的效果，可以改变调速和调压的 PID 参数，使调节过

程获得较为满意的效果。

特别应该注意的是，应通过整步表或光线示波器所拍摄的波形观察分析合闸角度是否在允许的技术指标范围内。

如合闸角度出现异常，应检查 PT 接线（包括检查相序、同名端）以及同期参数（特别是合闸导前时间）的设置是否正确。

需要说明的是，在有数字转角的场合，同期点与装置入口的滑差波形所指示的理论同期点存在一个恒定的转角差（转角差在同期参数菜单中设置）。

注意：所有用到的同期对象，均应重复上述过程，逐个对象试验。

③ 同期装置投入运行及同期失败原因排除

当所有同期对象完成了同期试验，并证明试验结果正确后，拆除试验接线，恢复各同期开关为断开位置，相关隔离刀闸为合位置，并恢复运行情况下的接线，就可以正式投入运行了。

当装置同期时，如果同期成功，显示屏上会显示“合闸成功”信息；如果同期失败，相应地显示屏上会详细显示同期失败的原因（详见表 1 同期事件列表）。可以根据显示的同期失败原因，检查并排除故障。

在同期失败时，装置的同期失败继电器会动作。

3.3 通道校准

通道校准是用来补偿装置内部的相角测量误差和电压测量误差。装置内部无可调节部件，而是采用数字校准来补偿内部的相角测量误差和电压测量误差。

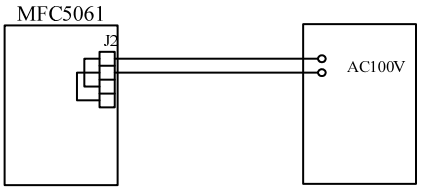


图 8 通道校准接线示意图

按图 8 通道校准接线示意图所示将装置两路电压Us、Ug并联，接入相同交流50Hz、100V或60Hz、100V电压，以保证两路输入相位相同。选择通道校准命令，此时系统会同时记录下相角和电压测量的补偿误差。

注意：对于用与 50Hz 系统的装置，必须用标准 50Hz、100V 电源进行通道校准；同样，对于用与 60Hz 系统的装置，必须用标准 60Hz、100V 电源进行通道校准。

3.4 参数意义

序号	名称	意义	可取值范围	步长	缺省值	说　　明
1	TYPE	同期类型	Gen/Line		Gen	机组/线路二种类型
2	fs	系统频率	50.00/60.00Hz		50	50Hz或60Hz任选。需要注意的是，系统频率改变后，要重新通道校准，否则会有测量误差。
3	TDL	导前时间	10～999ms	1ms	100ms	合闸回路动作时间（装置内部继电器动作时间是10ms）
4	fai	合环允许角	0～40°	0.1°	20	电网环并允许角，开关类型为“Gen”时无效
5	ΔUlo	压差低限值	-15.0～+15.0V	0.1V	-5	允许压差 Ug-Us 范围: ΔUlo≤Ug-Us≤Δuhi
6	ΔUhi	压差高限值	-15.0～+15.0V	0.1V	5	允许压差 Ug-Us 范围:ΔUlo≤Ug-Us≤Δuhi
7	ΔFlo	频差低限值	-0.5～+0.5Hz	0.01 Hz	-0.25	允许频差 fg-fs 范围:ΔFlo≤fg-fs ≤ΔFhi
8	ΔFhi	频差高限值	-0.5～+0.5Hz	0.01 Hz	0.25	允许频差 fg-fs 范围:ΔFlo≤fg-fs ≤ΔFhi
9	dfai	相角差补差	-60.0～+60.0 °	0.1°	0	需要转角时的角度，系统电压超前对象侧电压为正,滞后为负
10	KUL	系统电压补偿因子	0.500~2.000	0.001	1	系统侧电压补偿系数
11	KUg	对象电压补偿因子	0.500~2.000	0.001	1	对象侧电压补偿系数
12	Lvlock	低压闭锁	50. 0～90.0	0. 1	80.0	电压低压闭锁同期
13	Hvlock	高压闭锁	110.0～130.0	0. 1	120.0	电压高压闭锁同期
14	Tf	调频周期	1～15S	1	7	频率调节周期
15	Kpf	调频比例调节系数	1～100	1	40	推荐值 40～50
16	Kif	调频积分调节系数	0～100	1	0	推荐值 0
17	Rdf	调频微分调节系数	0～100	1	0	推荐值 0
18	TV	调压周期	1～15S	1	5	电压调节周期
19	Kpv	调压比例调节系数	1～100	1	20	推荐值 40～50

20	Kiv	调压积分调节系数	0～100	1	0	推荐值 0
21	Kdv	调压微分调节系数	0～100	1	0	推荐值 0
22	TTf	同频调频脉宽	50～500	10	100	发电机同期跟频现象出现时，调速脉宽

表 2 同期参数意义

序号	意义	可取值范围	步长	缺省值
1	RS485 站地址	1～255	1	1
2	RS485 波特率	2400/4800/9600/19200/38400		9600

表 3 通信参数意义

3.5 同期装置管理软件

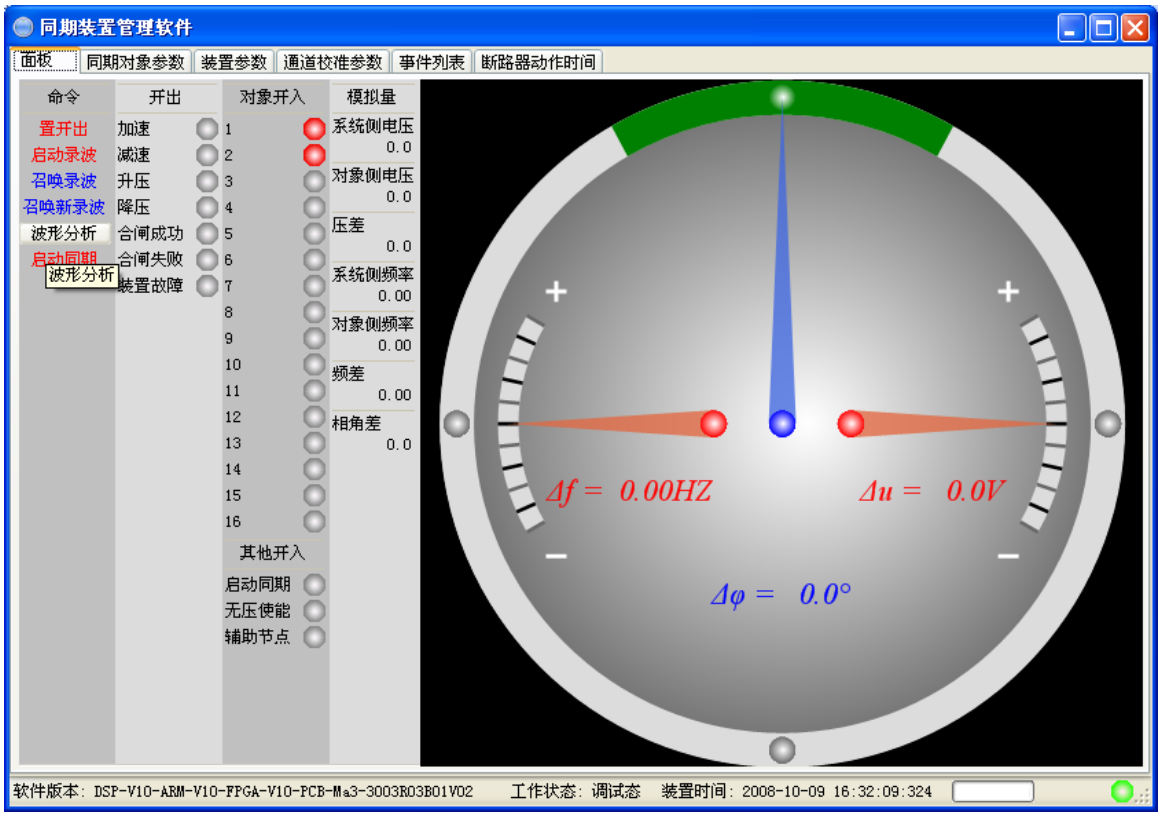


图 9 同期装置管理软件界面

3.5.1 主要功能

- ✧ 状态栏显示内容为装置版本号、装置运行状态（工作态/调试态）、装置时间，通信状态（最右侧圆球为绿表示通信正常，否则通信异常），
- ✧ 显示实时测值（模拟量、开入量及开出状态），图形化显示相角差与装置的数字同步表相对应。
- ✧ 16 套同期参数和装置通信参数的上传、下载，及同期参数的保存、打印，通道校准参数的显示。
- ✧ 事件信息及断路器合闸时间记录
  - a) 事件信息：记录各种装置操作事件，同期事件及报警信息等。
  - b) 断路器合闸时间记录：详见 3.1 装置人机界面相应部分。
- ✧ 录波功能有启动录波、召唤录波、召唤新录波和波形分析四种功能。
  - a) 启动录波：启动录波的一种方式，详见 3.6 录波分析。
  - b) 召唤录波：装置最多存放两个录波文件，召唤所有存在的录波文件。只要有录波文件，该命令有效。
  - c) 召唤新录波：召唤最新的未读录波文件。只要有未读的录波文件，该命令有效。
  - d) 波形分析：可打开如下图所示的录波分析软件。

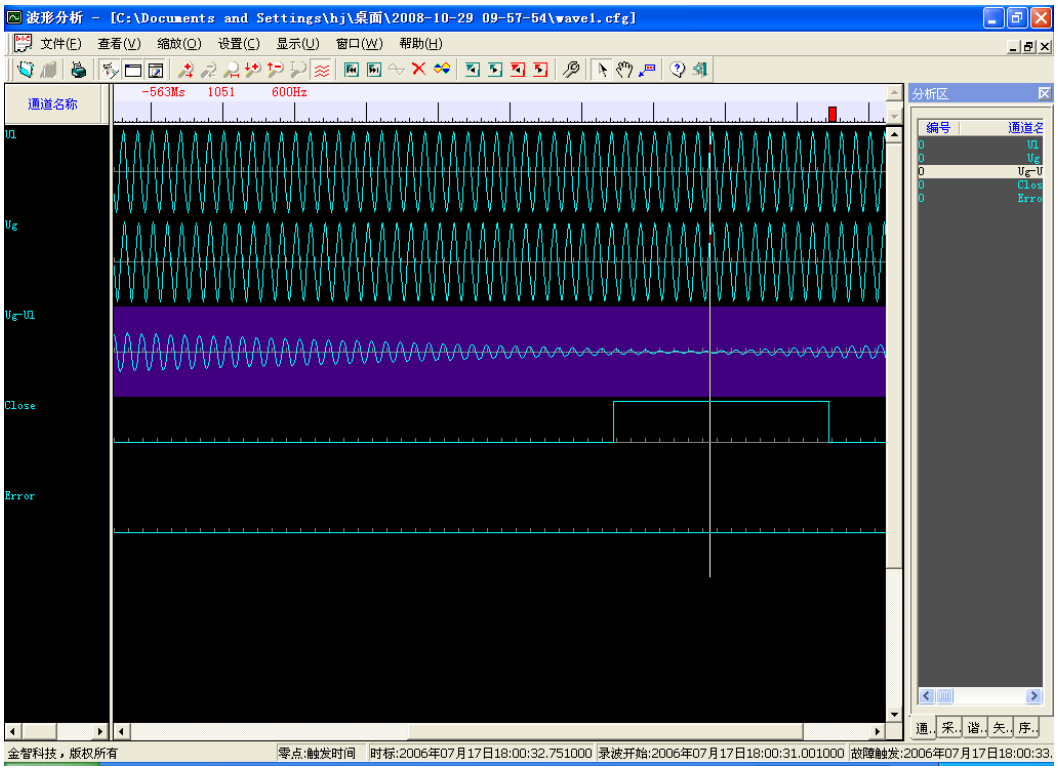


图 10 波形分析软件界面

3.5.2 安装

点击同期装置管理安装软件SynProSetup.exe，按照提示安装即可。

3.6 录波分析

启动录波有两种方式：命令启动和同期自动启动。命令启动实现远方启动装置录波，录波数据只反映采样值波形，命令启动在装置处于工作态或调试态均可执行；同期自动启动即每次同期过程自动启动录波，记录同期过程，此时的录波文件可用来分析同期过程。

装置内最多能存放2个录波文件，存满后新的录波文件自动覆盖最旧的文件。

录波内容包括三路模拟量：电压Us，Ug，Ug-Us；两路开出量：合闸输出，失败输出。录波长度2000ms。

录波数据格式：COMTRADE。

3.7 断路器动作时间自动测量

装置采用两种方法测量断路器的动作时间：开入量和电气量。开入量的方法，即通过接入断路器的辅助接点，来计算发合闸令到该信号变位的时间。电气量的方法，开关合上时，开关两侧电气量有如下特征，压差为零，频差为零，相角差为零。发合闸令时，装置同时启动这两种计算方法。取两者中较短者，以记录。若在三秒内以上两种方法均没有值，则记为9999。只有在差频同期时才有此功能。

每个通道最多存放5次合闸时间的实测值。

4 设计说明

4.1 装置外形与开孔尺寸

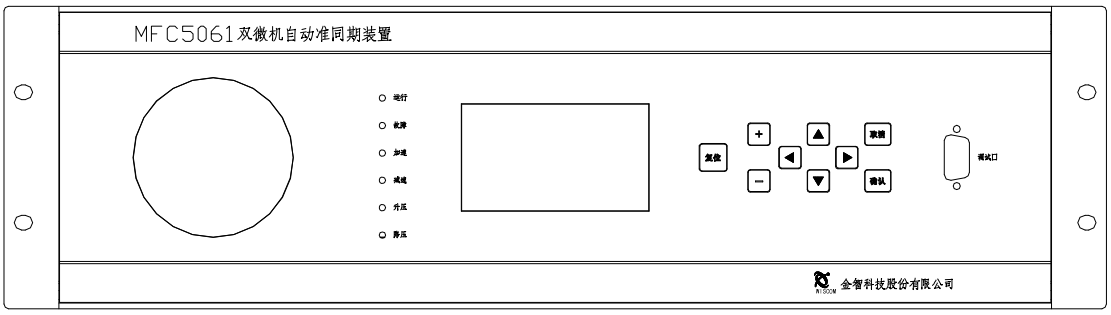


图 11 MFC5061 前视图

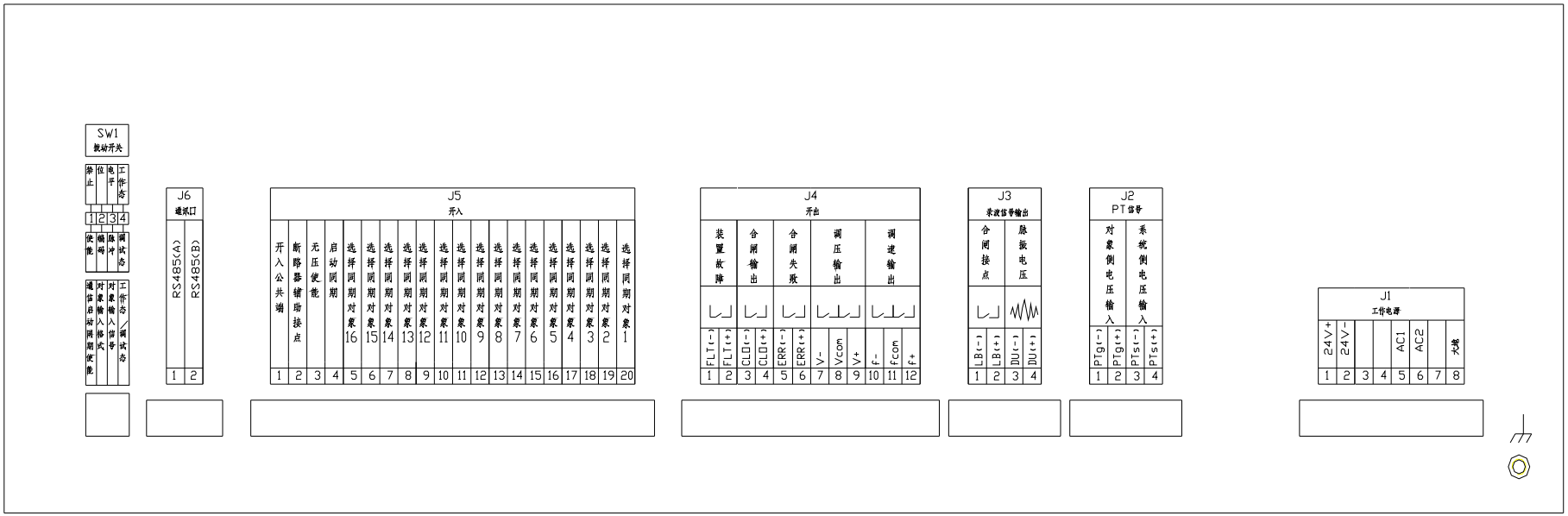


图 12 MFC5061 背部端子定义图

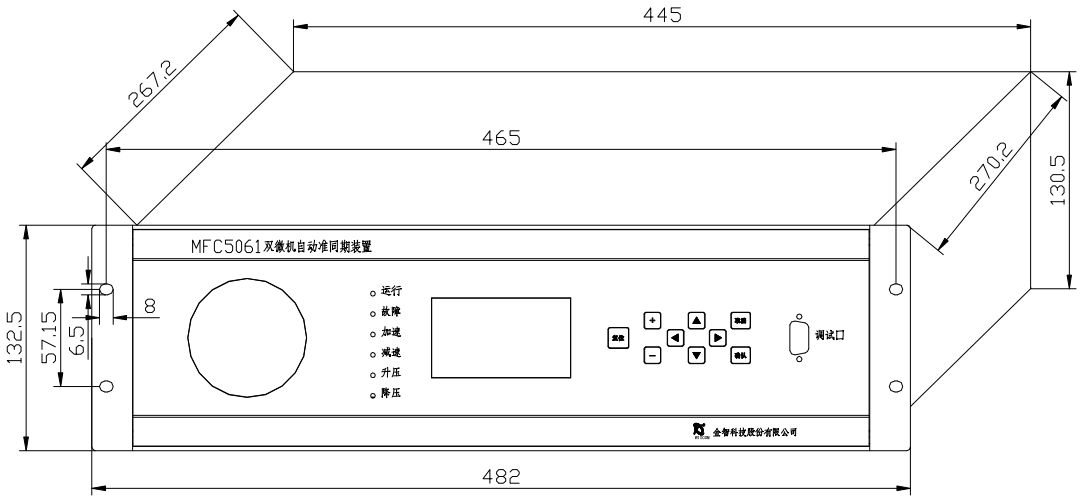


图 13 MFC5061 外形尺寸图

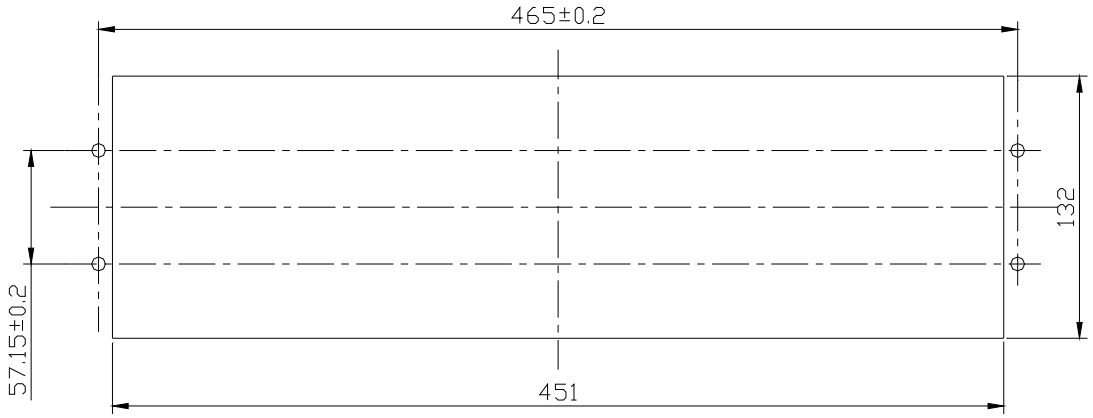


图 14 MFC5061 开孔尺寸图

4.2 输入输出端子说明

插头号	J1	J2	J3	J4	J5	J6
引脚号	工作电源	TV 信号	录波信号输出	输出信号	对象选择信号	通讯接口
1	ACL 或 DC(+)	对象电压 PTg(-)	合闸接点 LB(-)	装置故障 FLT(-)	开入公共端	RS485(A)
2	ACN 或 DC(-)	对象电压 PTg(+)	合闸接点 LB(+)	装置故障 FLT(+)	断路器辅助节点	RS485(B)
3	大地	系统电压 PTs(-)	脉振电压 DU(-)	合闸输出 Clo(-)	无压使能	
4		系统电压 PTs(+)	脉振电压 DU(+)	合闸输出 Clo(+)	启动同期	

5				合闸失败 ERR(-)	对象 16	
6				合闸失败 ERR(+)	对象 15	
7				调压输出 V-	对象 14	
8				调压输出 Vcom	对象 13	
9				调压输出 V+	对象 12	
10				调速输出 f-	对象 11	
11				调速输出 fcom	对象 10	
12				调速输出 f+	对象 9	
13					对象 8	
14					对象 7	
15					对象 6	
16					对象 5	
17					对象 4	
18					对象 3	
19					对象 2	
20					对象 1	

表 4 MFC5061 端子定义表

4.2.1 工作电源 J1

接入可靠的 AC/DC220/110V，其中 L/+（火线）和 N/-（零线）不可接反，“E”端应与现场的接地网可靠相连。装置提供 24V 电源输出，供开入信号选用。

4.2.2 PT 信号 J2

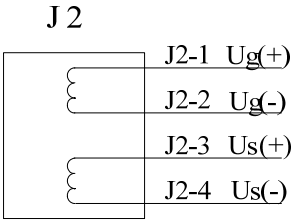


图 15 PT 信号端子 J2 接线示意图

J2_1 与 J2_2：对象侧U_g电压输入，

J2_3 与 J2_4：系统侧U_s电压输入。

对于机组型开关对象，U_s、U_g分别接入系统侧 PT 电压和机组侧 PT 电压；

对于线路型开关对象，U_s、U_g分别接入线路侧 PT 电压和母线侧 PT 电压，应注意它们的同名端需一致。可接入相电压，亦可接入线电压。通常 2 个 PT 接入的都是它们所对应的 AB 相线电压（AC100V）。两侧接入的电压相位不同时，应在设置同期参数时对其设置相角或电压补偿值，详见 3.4 参数意义。

4.2.3 录波信号输出 J3

尽管装置有录波功能，不需要专用录波器就可观察交流量和同期过程，但是，本装置留有录波信号输出以便于接入录波装置。

J3-1 与 J3-2：为合闸输出信号，与 J4-3，J4-4 同步，该信号只是用于观察使用，不建议接入合闸回路。

J3-3 与 J3-4：为脉振电压输出。即 Ug-Us 的波形，输出与输入的波形比例是 100/1.5。

4.2.4 开出 J4

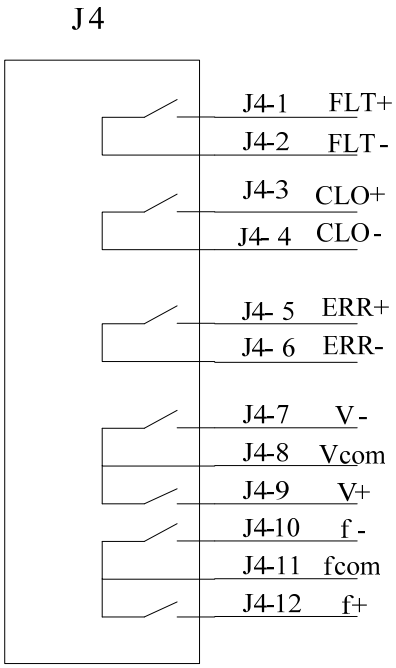


图 16 开出端子 J4 接线示意图

装置故障(FLT)：J4-1，J4-2

合闸开出(CLO)：J4-3，J4-4

同期失败(ERR)：J4-5，J4-6

控制输出包括加速(f+)、减速(f-)、升压(V+)、降压(V-)：

升压(V-)、降压(V+)：J4-7，J4-8，J4-9

加速(f-)、减速(f+)：J4-10，J4-11，J4-12

线路同期时，没有调压调速的功能，J4-7 至 J4-12 可以不接。

4.2.5 开入 J5

开入可以是 24V，220V，110V 有源输入。若为 24V 有源输入，可使用装置自带的 24V 电源输出（J1-1、J1-2），示意图如下。

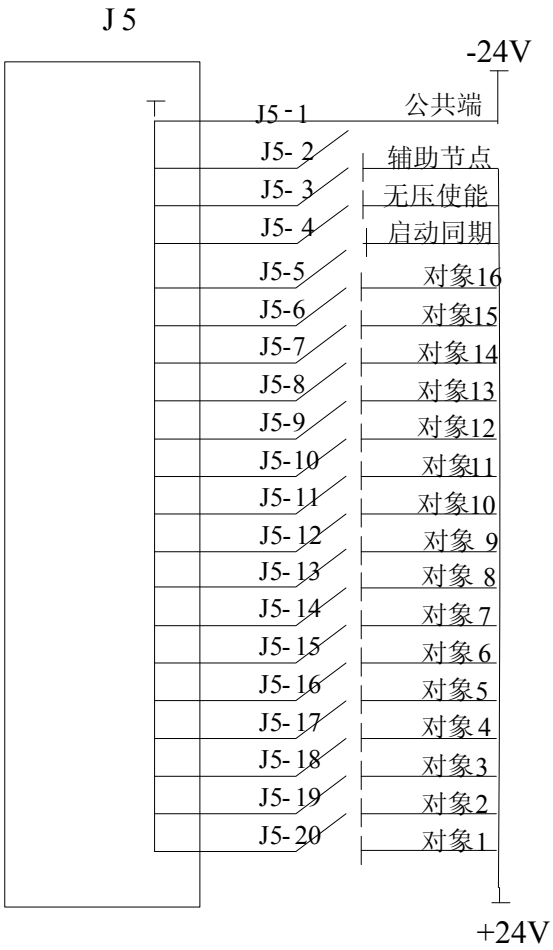


图 17 开入端子 J5 接线示意图

4.2.6 通信口 J6

RS485 可以组网接入监控系统。

4.2.7 拨码开关 SW

从装置的后视图看，拨码开关从右至左的意义依次是：装置状态、对象输入信号、对象输入格式和通信启动同期使能。

拨码键	上方（OFF）	下方（ON）	**出厂缺省状态**
装置状态	工作态	调试态	工作态
对象输入信号	电平	脉冲	电平
对象输入格式	位格式	编码格式	位格式
通信启动同期使能	禁止	使能	禁止

装置状态：装置运行状态分为工作态和调试态。同期操作只能在工作态时进行，而参数修改、通道校准及装置测试则只能在调试态时进行。

对象开入有效方式：电平或脉冲。无论是电平或脉冲，对象开入信号必须保持至启动同期时有效。

对象开入编码方式：位格式或编码格式。位格式时，16 个对象开入，均有效，不能作为它用；当某位接点接通时，该位对应的对象就被选中。编码方式时，只有对象 1～对象 5 这五位有效，其余无效，按二进制的编码值选择对象，其范围为 1-16。例如,外部对象输入为 3（只接对象开入 1 和 2），在位选择方式下认为是对象重选，无法启动同期；在编码方式下，认为是选择了对象 3。0 在两种方式下被认为是无对象选择。

通信启动同期使能：只有在工作态且该位为使能态时，才允许通信启动同期，详见 3.2.2.3 通信启动。

4.2.8 调试口

装置面板上的调试串口是一个 DB9 的孔式插座，其定义如下：

插孔号	**定义**

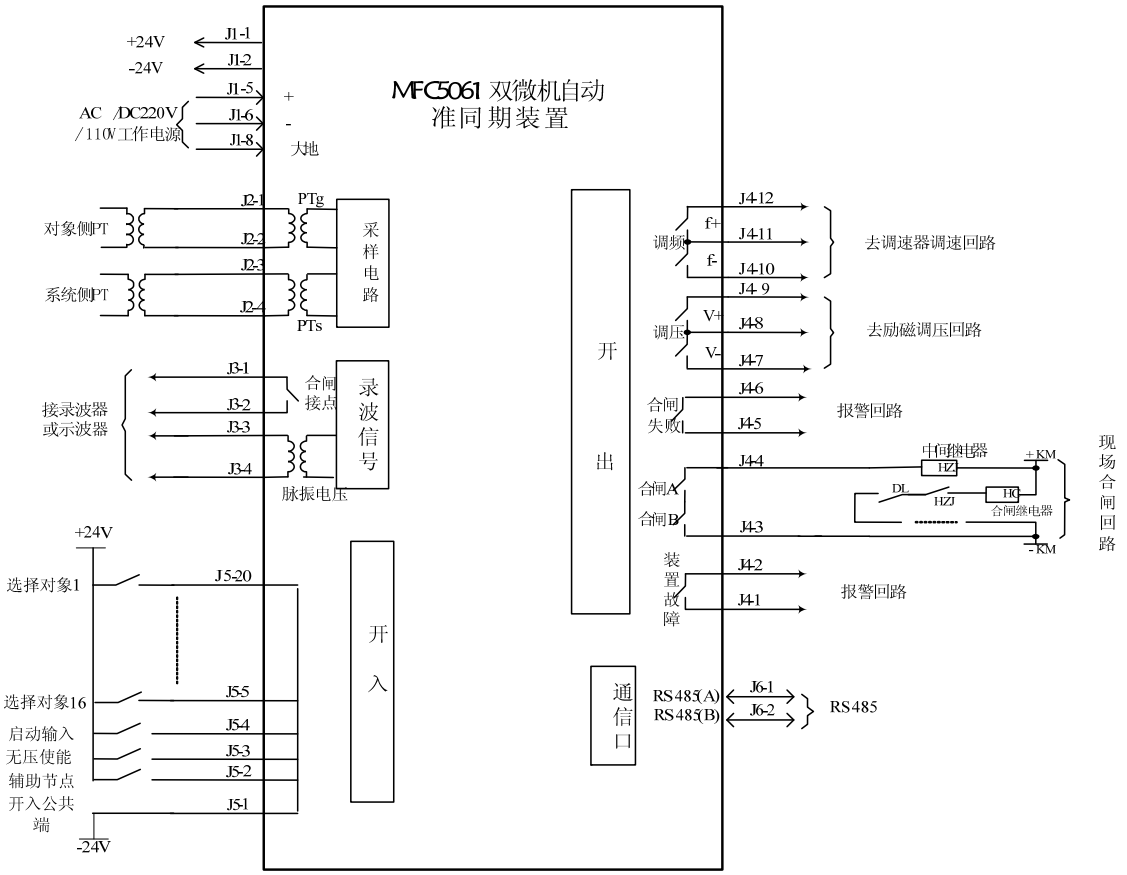
2	TXD
3	RXD
5	GND

表 5　串行口插孔定义

4.2.9 关于外部接线的说明

1) 远方启动同期各外部输入时序详见图 5 远方启动同期外部输入时序图。
2) MFC5061 最多可支持 16 个同期对象，按实际使用对象接线，不用的不需要接线。
3) 当同期对象中确有无压同期要求时，应接入“无压使能”开入信号。若没有无压同期要求，则“无压使能”输入信号应该不接。
4) 在实际应用中若装置的同期对象多于 1 个时，用户应对背板上的 J2（同期对象两侧的 PT 输入）、J4（控制输出）、J3（对象输入）这 3 个插头的出线需增加外部切换逻辑，使之切换到与同期对象相对应的输入/输出回路上。
5) 同期失败(ERR)是脉冲型开出，脉宽固定为 1000ms，该信号表示同期失败，失败的原因可以从装置的事件记录或通过同期装置管理软件查询。
6) 装置故障(FLT)为保持型开出，一旦装置检测到装置故障，将不能执行同期合闸操作。
7) 合闸开出(CLO)的脉宽不小于 300ms,不大于 1000ms,在此范围内合闸脉宽与导前时间成正比。
8) 断路器辅助接点在本装置中作为实测合闸回路动作时间而用。如果未接此点，装置会通过电气量的变化来测量合闸回路动作时间。

4.3 接线原理图


MFC5061 双微机自动
准同期装置
+24V
-24V
AC /DC220V
/110V工作电源
J1-1
J1-2
J1-5
J1-6
J1-8
+
-
大地
对象侧PT
系统侧PT
PTg
PTs
采样电路
接录波器
或示波器
合闸接点
录波信号
脉振电压
选择对象1
选择对象16
启动输入
无压使能
辅助节点
开入公共端
J5-20
J5-5
J5-4
J5-3
J5-2
J5-1
开入
开出
调频
f+
f-
J4-12
J4-11
J4-10
去调速器调速回路
调压
V+
V-
J4-9
J4-8
J4-7
去励磁调压回路
合闸失败
J4-6
J4-5
报警回路
合闸A
合闸B
J4-4
J4-3
中间继电器
HZ
DL
HC
合闸继电器
+KM
-KM
现场合闸回路
装置故障
J4-2
J4-1
报警回路
通信口
RS485(A)
RS485(B)
J6-1
J6-2
RS485